

Валентин Уломов

доктор физико-математических наук, профессор,
геофизик-сейсмолог, главный научный сотрудник
Лаборатории сейсмической опасности
Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

На пути к снижению разрушительных последствий землетрясений

Аннотация

Приводятся основные научные результаты сейсмологического изучения Ташкентского и Газлийского землетрясений, а также результаты исследований по созданию комплекта новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСП-2016, предназначенных для замены нормативных карт ОСП-97, отслуживших положенный им срок применения в практике проектирования и сейсмостойкого строительства. Сообщается о существующих недостатках в организации и утверждении нормативных документов, предназначенных для снижения разрушительных последствий землетрясений.

Ключевые слова:

уникальные землетрясения, Ташкент-1966, Газли-1976, оценка сейсмической опасности, сейсмическое районирование, ОСП-2016, нормативно-правовые документы

В этом году исполняется 50 лет с момента возникновения ставшего всемирно известным Ташкентского землетрясения 1966 г. с очагом под центром столицы Узбекистана и 40 лет после уникальных Газлийских землетрясений 1976 г., случившихся на территории Республики, считавшейся до этого практически асейсмичной. Землетрясения неизбежны. Они обусловлены продолжающейся десятки и сотни миллионов лет глобальной эволюцией недр нашей планеты. Предсказать время возникновения очередных землетрясений, а тем более предотвратить их современная наука пока не в состоянии.

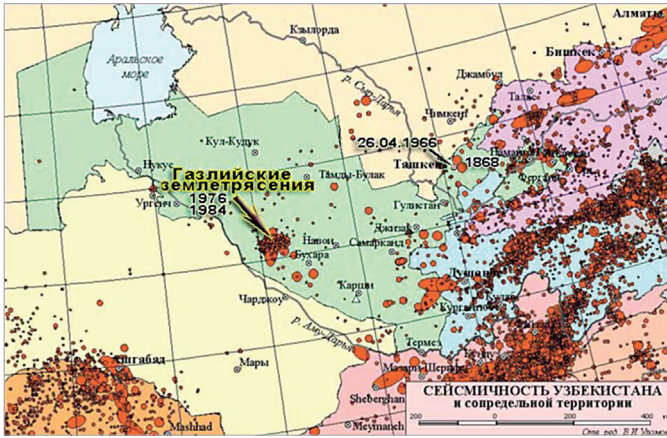
Единственным и достаточно эффективным путем к снижению людских потерь и материального ущерба от сильных землетрясений является тщательное изучение сейсмического климата территорий — выделение районов с разной степенью сейсмической опасности и соответствующее сейсмостойкое строительство в их пределах.

Надежность карт сейсмического районирования зависит от

достижений как в изучении геофизических процессов в самих очагах землетрясений, так и в выявлении закономерностей в сейсмогеодинамическом развитии крупных сейсмоактивных регионов и Земли в целом.

**ЭПИЦЕНТР
В ЦЕНТРЕ ГОРОДА**

Ташкентское землетрясение произошло в 5 часов 23 минуты 26 апреля 1966 г. Его магни-



Сейсмичность Узбекистана. Эллипсами и кружками показано местоположение очагов землетрясений разных магнитуд и размеров



Ташкент, 26 апреля 1966 г.

В результате подвижки пород в очаге землетрясения земная поверхность была поднята и центр города стал теперь выше почти на 4 см

туда была весьма умеренной — всего 5,2, однако из-за небольшой глубины залегания очага этого землетрясения сейсмический эффект в эпицентре, т.е. в центре города, превысил 8 баллов по 12-балльной шкале сейсмической интенсивности. Эпицентр землетрясения оказался всего в трех километрах от Центральной сейсмической станции (ЦСС) «Ташкент», которой в то время руководил автор этих строк. Благодаря близости

к сейсмометрической аппаратуре станции, а также действовавшей с 1963 года на территории города сети временных сейсмометрических пунктов, созданных ЦСС для сейсмического микрорайонирования Ташкента, был собран богатейший сейсмографический материал о развитии очаговой области этого землетрясения [1, 2].

Разрыв горных пород в сейсмическом очаге, находившемся под центром города, распро-

странился на глубине от 2–3 км до 8–9 км. Горизонтальная протяженность очага составила 4–5 км. Землетрясение сопровождалось огромным количеством (свыше тысячи) повторных толчков (афтершоков), которые возникали более года, а в первые часы почти ежеминутно. Самые сильные из них, интенсивностью до 7 баллов, произошли 9 и 24 мая, 5 и 29 июня, 4 июля 1966 года и 24 марта 1967 года. В результате подвижки пород в очаге землетрясения земная поверхность была поднята и центр города стал теперь выше почти на 4 см.

Пострадала в основном центральная часть Ташкента. Благодаря преобладанию вертикальных колебаний полных обрушений домов практически не было. Погибли 8 человек и около двухсот были госпитализированы с различными травмами. Однако в последующие два года от пережитого стресса и в ожидании новых землетрясений в моменты даже очень слабых афтершоков от сердечных приступов скончались еще сотни пожилых людей.

Результаты комплексных исследований природы Ташкентского землетрясения стали значимой вехой в сейсмологии. В частности, было открыто явление изменения уровня и газового состава термальной воды глубинного происхождения перед основным землетрясением и его наиболее сильными афтершоками. На основе наблюдений в глубокой скважине, специально пробуренной в Ташкентский сейсмический очаг, впервые получены образцы пород из еще «тепленького» очага. Обнаружено понижение (а не повышение, как ожидалось) температуры воды в скважине, расположенной непосредственно над очагом Ташкентского землетрясения, что указало на быстрое адиабатическое расширение

пород в момент тектонического разрыва.

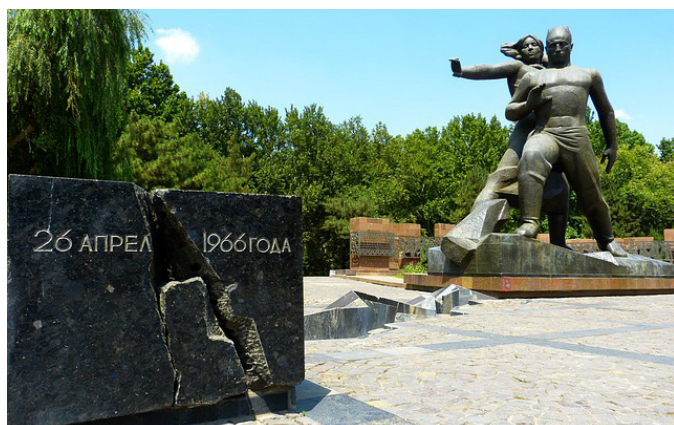
Впервые было показано, что каждое отдельное землетрясение со своими афтершоками отображает картину развития крупной тектонической зоны и является моделью ее поведения во времени. При этом происходит трансформация графиков повторяемости землетрясений разных магнитуд во времени, что послужило в дальнейшем основой для разработки новой методологии оценки сейсмической опасности при выполнении работ по общему сейсмическому районированию территории Российской Федерации и созданию в 1991–1997 годах принципиально новых нормативных карт ОСР-97, а затем опытных карт ОСР-2012/2014 и комплекта актуализированных итоговых карт ОСР-2016. К представлениям о нелинейности графиков повторяемости землетрясений вслед за нами спустя 15–20 лет пришли и другие исследователи, в том числе и за рубежом [10, 11].

В 1966 г. в составе Узбекской академии наук по инициативе автора этой статьи был создан Институт сейсмологии. ЦСС «Ташкент» была преобразована в современную Ташкентскую сейсмологическую обсерваторию (ТСО), оборудованную самой современной аппаратурой и выносными радиотелеметрическими пунктами, расположенными в глубоких скважинах на расстоянии от 30 до 70 км вокруг города.

Признанием выдающихся успехов советской науки явился 1-й Международный симпозиум по прогнозу землетрясений, состоявшийся в Ташкенте в 1974 г. под эгидой Международной ассоциации по сейсмологии и физике недр Земли (МАСФНЗ) с участием выдающихся ученых, сейсмологов и геофизиков из США, Японии, Италии, Австра-



Патруль вдоль одной из улиц Ташкента



Памятник в эпицентре Ташкентского землетрясения

лии, Югославии, ГДР, Польши, ФРГ, Румынии, Ирана и других стран мира, а также из всех тогда еще союзных республик.

Предложенную нами геофизическую модель подготовки сейсмического очага в виде четырех стадий его развития, как и представления об увеличении объема горных пород (дилатансии) при разрушении и образова-

нии в них микротрещин, а также о более частом возникновении крупных землетрясений, чем это ожидалось прежде, подтвердили и Газлийские землетрясения 1976 и 1984 годов.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЦЕНТРЕ ПУСТЫНИ

8 апреля и 17 мая 1976 г. в Бухарской области Западного Узбеки-



Ташкент сегодня

стана, в пустыне Центральный Кызылкум, считавшейся до того слабо активной в сейсмическом отношении, произошли сильнейшие Газлийские землетрясения (магнитуды 7,0 и 7,3). Сейсмический эффект в эпицентре достигал 9–10 баллов. Гипоцентры этих землетрясений располагались на глубине 20–25 км [3]. Следующий сильный подземный толчок с магнитудой 7,2 произошел 20 марта 1984 г. в том же очаге, сместившись немного к западу.

В результате этих землетрясений был практически полностью разрушен рабочий поселок нефтяников Газли, расположенный примерно в 30 км к югу от их эпицентральной области. К счастью, при первом землетрясении катастрофических обрушений почти не наблюдалось, однако все без исключения сооружения были сильно повреждены и пришли в полную негодность. Люди переселились в палатки. Разрушения после второго, наиболее сильного майского землетрясения были грандиозными.

Главной причиной катастрофических разрушений было то, что все строительные объекты поселка сооружались в свое время без применения каких-либо антисейсмических мероприятий, поскольку прежде эта территория представлялась практически безопасной в сейсмическом отношении.

Уникальными эти землетрясения оказались и потому, что их подготовка и возникновение в этом районе подтвердили долгосрочный прогноз, сделанный нами благодаря инструментальным наблю-

Главной причиной катастрофических разрушений было то, что все строительные объекты поселка сооружались в свое время без применения каких-либо антисейсмических мероприятий, поскольку прежде эта территория представлялась практически безопасной в сейсмическом отношении

дениям за активизацией процесса трещинообразования на земной поверхности в будущей эпицентральной области [1].

Сейсмометрический и деформационный мониторинг в этом районе показал, что подготовка сейсмического очага развивалась вполне закономерным образом. Так, за период 1966–1971 гг. средняя скорость расширения и левых сдвигов бортов трещин постепенно превысила 1 см/год, в 1973 г. достигла 2 см/год, в 1973–1974 гг. — 3 см/год, а в 1975 г. стала быстро уменьшаться до 0,5 см/год. При этом некоторые трещины начали интенсивно закрываться, что сопровождалось обратным сдвигом их бортов и указывало на приближение критического момента в «созревающем» очаге. Особо следует отметить, что результаты многолетних измерений были обнаружены не постфактум, а регулярно обсуждались и публиковались в научной печати. Смена знаков движения бортов тре-

щин произошла примерно за год до Газлийских землетрясений, после возникновения которых процесс трещинообразования практически прекратился. Очередное, но незначительное расширение трещин наблюдалось примерно за год до третьего Газлийского землетрясения с магнитудой 7,2.

Газлийские землетрясения оказались уникальными и в другом отношении. Впервые в мировой сейсмологической практике в эпицентре землетрясения с магнитудой 7,3 были получены инструментальные записи ускорений сотрясаний грунта, превысившие в 1,36 раза ускорение силы тяжести. Во время подземного толчка крупная галька подбрасывалась на 10–15 см над земной поверхностью. Земная поверхность была поднята почти на метр, а вода в небольшом местном озере перетекала из одной его части в другую, обнажая дно сначала у одного берега, а затем у другого.

Газлийские землетрясения, как и Ташкентское, были встречены узбекскими сейсмологами во всеоружии. К этому времени на Центральной сейсмической станции «Ташкент» была установлена цифровая регистрирующая аппаратура и современная для того времени вычислительная машина «Планета», подаренная нам военными сейсмологами. Действовали выносные пункты ТСО. Вокруг эпицентральной области этих землетрясений задолго до их возникновения в течение нескольких лет уже действовали открытые нами стационарные региональные сейсмические станции в пунктах Джизак, Нурата, Тамды-Булак и Кулкудук.

РАСКРЫВАЯ КАРТЫ

С учетом обнаруженных при изучении Ташкентского и Газлийских землетрясений неизвестных ранее явлений природы, а также по ряду других объективных причин при исследованиях в 1991–1997 гг. по общему сейсмическому районированию территории России и сопредельных с ней странами впервые была разработана линеаментно-доменно-фокальная (ЛДФ) модель зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) и принято решение создавать не одну детерминистскую карту, как это делалось в прежние годы, а комплект вероятностных карт ОСР-97 [4]. Было показано, что условия неопределенности, которые в природе всегда существуют, и неполнота геолого-геофизических знаний о сейсмическом режиме регионов делают неправомерным детерминистский подход к сейсмическому районированию. Оно может быть осуществлено лишь на вероятностной основе. Иными словами, риск всегда будет иметь место, но его необходимо свести к минимуму и сделать приемлемым в тех или иных социально-экономических условиях. Это и заложено во всех новых картах, позволяющих оценивать степень сейсмической



Типичное разрушение жилого дома при первом Газлийском землетрясении 1976 г. После второго толчка строение рухнуло полностью



Разрушение школы при первом Газлийском землетрясении 1976 г. После второго толчка строение рухнуло полностью

опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности на нескольких уровнях, отражающих максимальную расчетную интенсивность сейсмических воздействий, ожидаемых на данной географической площадке с заданной вероятностью в течение определенного интервала времени [4].

В результате выполненных в 2009–2015 гг. фундаментальных и прикладных исследований по совершенствованию методологии ОСР-97 и пополнению базы исходных данных создан комплект новых вероятностных карт ОСР-2016 общего сейсмического районирования территории Российской Федерации, предназначенных для замены нормативных карт ОСР-

97, отслуживших положенный им 10–15-летний срок использования при проектировании и сейсмостойком строительстве в сейсмоактивных регионах.

В качестве научной основы новых карт сохранена методология ОСР-97, отмеченная в 2002 году Государственной премией Российской Федерации в области науки и техники. Карты ОСР-2016, как и ОСР-97, представляют собой не одну детерминистскую карту, как это практиковалось в СССР в течение почти полувека, а комплект вероятностных карт, позволяющих оценивать степень сейсмической опасности с заданной вероятностью (%) возможного ее превышения в течение 50-летних интервалов



Макет карты ОСР-2016-A, предназначенной для сейсмостойкого проектирования массового строительства

В 2014–2015 гг. были выполнены и опубликованы результаты исследований по анализу сейсмической опасности Северного Кавказа и Крыма

времени. В ОСР-2016 таких карт четыре — А, В, С, D (рис. 7–10). Первые три должны применяться при строительстве в сейсмических районах гражданских и промышленных сооружений, четвертая — с самым минимальным риском возможного превышения указанной на ней максимальной балльности — предназначена для объектов ядерной отрасли (АЭС и т.п.), согласно требованиям МАГАТЭ.

Все указанные на картах расчетные величины соответствуют периодам повторяемости сейсмических воздействий в среднем один раз в 500, 1000, 5000 и 10 000 лет.

В составе рабочей группы по ОСР-2016 было свыше 40 участников, официально делегированных из более чем 20 академических и отраслевых институтов и организаций страны, в том числе ведущие сейсмологи и геофизики из Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

Обязанности руководителей работ исполняли В.И. Уломов (ИФЗ РАН) и М.И. Богданов (ООО «ИГИИС»). Они же являются главными редакторами комплекта карт ОСР-2016. Заместители главных редакторов — С.А. Перетокин (Красноярский филиал Института вычислительных технологий СО РАН)

и А.Л. Стром (ЦСГНЭО — филиал АО «Институт Гидропроект», г. Москва). Обязанности ученого секретаря рабочей группы исполняла Т.И. Данилова (ИФЗ РАН).

В 2014–2015 гг. совместно с крымскими сейсмологами были выполнены и опубликованы результаты исследований по анализу сейсмической опасности Северного Кавказа и Крыма в составе общего сейсмического районирования территории Российской Федерации [6–8]. Полный список участников исследований и организаций публиковался в печати, на картах ОСР и в Интернете на сайте Лаборатории сейсмической опасности ИФЗ РАН. Там же в свободном доступе размещены протоколы всех заседаний рабочей группы, а также все карты и многие другие важные материалы, включая программно-математическое обеспечение расчетов и методологию построения вероятностных карт ОСР.

22 января 2016 г. в Институте физики Земли состоялась расши-



Макет карты ОСР-2016-В, предназначенной для сейсмостойкого проектирования и строительства объектов повышенной ответственности

ренное заседание Научного совета РАН по проблемам сейсмологии под председательством члена-корреспондента РАН Г.А. Соболева, посвященное обсуждению комплекта карт ОСР-2016 (протокол № 1/2016 от 22 января 2016 г.).

В решении Совета было отмечено, что научные исследования по созданию комплекта новых карт общего сейсмического районирования территории РФ ОСР-2016 и расширенного списка городов и населенных пунктов с указанием для них степени сейсмической опасности выполнены на высоком уровне. Было рекомендовано направить комплект карт ОСР-2016 в Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации для рассмотрения в качестве нормативных при сейсмостойком строительстве в РФ.

БЫТЬ ИЛИ НЕ БЫТЬ

В заключение автор вынужден вновь обратиться к вопросам,

22 января 2016 г. в Институте физики Земли состоялось расширенное заседание Научного совета РАН по проблемам сейсмологии, посвященное обсуждению комплекта карт ОСР-2016

затронутым в его предыдущей статье в этом журнале [7], а также в других его публикациях, о непрофессионализме в оценке сейсмической опасности, влекущем за собой недостаточную надежность сейсмостойкого строительства [4, 5]. При этом указывалось на отсутствие в нашей стране надлежащего порядка в выполнении таких исследований и на необходимость на государственном уровне в законодательном порядке определить полномочия академических и отраслевых институтов и организаций, министерств и ведомств при утверждении нор-

мативных документов для обеспечения строительства в сейсмических районах страны [8].

В Российской академии наук был сделан важный шаг в этом направлении. При Отделении наук о Земле (ОНЗ РАН) создан и уже свыше 10 лет действует Научный совет по проблемам сейсмологии (НСПС), целью которого является рассмотрение вопросов развития фундаментальных сейсмологических исследований и координация работ научно-исследовательских институтов РАН и Геофизической службы РАН, а также взаимодействие с другими министерства-

ми и ведомствами по научным вопросам, касающимся сейсмологии. В состав Совета входят ведущие российские ученые, академики, члены-корреспонденты РАН, доктора и кандидаты наук, занимающиеся вопросами сейсмологии и связанных с ней разделов науки. Совет осуществляет свою деятельность под руководством Бюро ОНЗ РАН и уполномочен определять научный уровень работ по оценке сейсмической опасности, сейсмическому районированию и исследованиям по прогнозу землетрясений.

Вместе с тем в Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), осуществляющей координацию фундаментальных исследований в подведомственных учреждениях Минстроя России, в 2014 году создан свой Научный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (НССС). С подачи этого Совета в конце 2015 г. неожиданно поя-

вился приказ Минстроя (№ 844/пр) об утверждении и введении в действие с 1 декабря 2015 года свода правил СП 14.13330.2014 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» с картами ОСР-2015, представленными в качестве нормативных, заменивших карты ОСР-97.

Как выяснилось, эти новоявленные карты, минуя обсуждение на Научном совете РАН по проблемам сейсмологии, были составлены по неизвестной методике небольшой группой лиц, в число которых без ведома и согласия автора этих строк была приписана и его фамилия. Эти карты представляют собой карты ОСР-97 с дорисовкой к ним без каких-либо расчетов неких «поправок» и фрагмента карт ОСР-2004 Украины для территории Крыма. В тоже время было широко известно, что за год до новоявленных карт ОСР-2015 нами совместно с украинскими сейсмологами уже были состав-

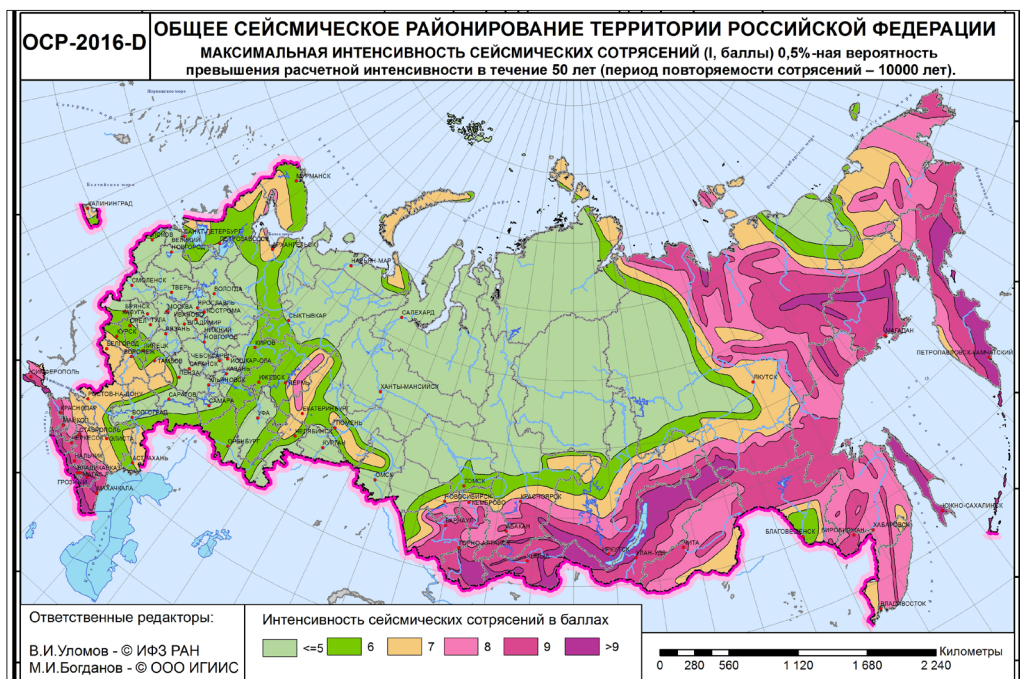
лены и опубликованы карты [6, 9], содержащие территорию Крыма и выполненные по той же официально признанной методологии, что и карты ОСР-97 и ОСР-2016 [4–9].

К тому же Научный совет РААСН признал полноценной и работу, выполненную его же членами, по оценке сейсмической опасности района Керчи и понижению ее с 9 до 7 баллов, отмечая снижение себестоимости сооружений планируемого транспортного перехода через Керченский пролив. При этом авторы пренебрегают сведениями о катастрофическом Пантикопейском землетрясении, произошедшем в 63 году до нашей эры в Пантикапее (современной Керчи) и разрушившем многие античные города на Керченском полуострове. Его сейсмический эффект был не менее 9 баллов.

Очередного сейсмического катаклизма ждать осталось недолго...



Макет карты ОСР-2016-С, предназначенной для сейсмостойкого проектирования и строительства особо ответственных объектов



Макет карты ОСР-2016-D, предназначенной для оценки сейсмической опасности объектов ядерной отрасли

Литература

1. Уломов В.И. Динамика земной коры Средней Азии и прогноз землетрясений. Ташкент: ФАН Узб. ССР, 1974. 218 с.
2. Уломов В.И., Уломова Н.В. Формирование гипоцентральной области и сейсмический режим повторных толчков // Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. Ташкент: ФАН Узб. ССР, 1971. С. 122–138.
3. Уломов В.И. Сейсмогеодинамика области перехода от орогена Тянь-Шаня к Туранской плите и долгосрочный прогноз Газлийских землетрясений // Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. Ташкент: ФАН Узб. ССР, 1986. С. 7–18.
4. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСР-97. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. М.: ОИФЗ, 1999. 57 с.
5. Уломов В.И. Об инженерно-сейсмологических изысканиях в строительстве // Инженерные изыскания. 2009. № 9. С. 28–39.
6. Уломов В.И., Перетокин С.А., Медведева Н.С., Акатова К.Н., Данилова Т.И. Сейсмологические аспекты общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (карты ОСР-97, ОСР-2012, ОСР-2014) // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014. № 4. С. 5–24.
7. Уломов В.И. Не природа винограда. 20 лет сейсмической катастрофы на Сахалине // Инженерная защита. 2015. № 3 (8). С. 76–82.
8. Уломов В.И. К вопросу о стандартизации норм и правил сейсмического районирования для сейсмостойкого строительства в Российской Федерации // Инженерные изыскания. 2015. № 10–11. С. 6–17.
9. Уломов В.И., Богданов М.И., Пустовитенко Б.Г., Перетокин С.А., Стром А.Л., Акатова К.Н., Данилова Т.И., Медведева Н.С. Анализ сейсмической опасности Северного Кавказа и Крыма в составе общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Инженерные изыскания. 2015. № 13. С. 12–27.
10. Grandori G., Guagenti E., Petrini L. Statistical grounds for favoring the characteristic magnitude model. A case study // Bull. Seismol. Soc. Amer. 2008. V. 98. No. 5. P. 2161–2169.
11. Wu S.-C., Cornell C.A., Winter Stein S.T. A Hybrid recurrence model and its implication on seismic hazard results // Bull. Seismol. Soc. Amer. 1995. V. 85. P. 1–16.